中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）42(2)：133～145（1993）

期作對玉米硬粒種與馬齒種組合間生長分化性狀組合力表現之影響[1]

謝光照[2]　曾富生[3]

摘要：以玉米三個硬粒種及三個馬齒種之全互交爲材料，分別種植於春作及秋裡作，探討期作對生長分化等性狀基因表現之影響，其結果摘要如下。

在春作環境下，馬齒種自交系之出土至雄穗分化日數最少，硬粒種之雄穗與雌穗分化間隔日數、單株葉面積及青割乾重均較大；在秋裡作大部份性狀的表現與春作相類似。不同粒型組合間在春作及秋裡作的表現有明顯的不同，其中以出土至雄穗分化日數、雄穗與雌穗分化間隔日數、葉片分化速率、單株葉面積及青割重等項之差異較大。

大部份性狀在兩期作均由累加性（GCA）及非累加性（SCA）基因作用共同控制，且有正反交效應。大部份性狀以累加性變方（GCA/SCA比值）所佔的比例較大，但在不同期作間，且隨性狀的不同，其大小有明顯的變異。

在不同期作下，親本之大部份性狀的一般組合力，馬齒種爲負效應，硬粒種爲正效應。而一般組合力效應值，在春作僅雄穗分化始期葉片出現數目、雄穗與雌穗分化間隔日數等性狀有較大的趨勢，其餘性狀則均以秋裡作較大。

在春作環境下，異粒型組合大部份性狀爲正的特定組合力，而同粒型組合則大多爲負的效應；但在秋裡作環境下，不論是馬齒種同粒型、硬粒種同粒型或異粒型組合，大部份性狀均呈負的特定組合力效應。不同粒型組合間的特定組合力效應易受期作影響。

大部份生長分化性狀之組合力有正反交效應，其效應值的大小，依粒型組合間及期作環境之不同而有差異，但其正反效應變方僅佔總遺傳變方之極小比例。

在春作，大部份性狀以馬齒種同粒型比硬粒種同粒型具有較大之雜種優勢百分比，異粒型組合在營養生長期葉片出現速率、葉片分化速率、單株葉面積及青割乾重等性狀比同粒型組合具有較高的雜種優勢；而其他性狀異粒組合的雜種優勢表現值則介於兩種同粒型組合間。在秋裡作，硬粒種同粒型比馬齒種同粒型具有較大的雜種優勢值，異粒型與同粒型比較，大部份性狀均介於馬齒種同粒型及硬粒種同粒型間。同一粒型組合在不同栽培期作間，其雜種優勢表現也有差異。

關鍵詞：玉米、期作、馬齒種、硬粒種、一般組合力、特殊組合力、正反交效應、雜種優勢。

台灣地處亞熱帶，年平均氣溫在20°C以上，年雨量超過1,500公厘，很適於玉米的生長，而一般學者認爲玉米的產量常因溫度高低、日照長短及雨量分布之多寡而發生變異（Duncan *et al.,* 1973；Hunter，1980），本省春秋二作的氣象迥異，玉米的產量在期作間確有明顯的差異存在（台灣省

1. 台灣省農業試驗所　研究報告第1664號。
2. 本所農藝系助理研究員。台灣省　台中縣　霧峰鄉。
3. 國立中興大學農藝系教授。台灣省　台中市。

政府農林廳，1981），故台灣不同栽培期作下，玉米生長分化可能會有不同，因而影響最終產量表現。探討不同期作下，玉米生長分化性狀之表現，應有助於瞭解影響產量之因子，進而可供選育優良品種之參考。

玉米從種子發芽出土後，即受各種環境因子所影響，其中以溫度及光週期對生長及分化影響較大。Hunter *et al.*（1974，1977）及王（1988）指出光週期與溫度對雄穗分化始期均有影響，洪等（1984）也指出玉米器官分化速率及達到雄穗分化始期日數因期作之不同而有異。Russell and Stuber（1985）發現達到雄穗分化始期所需日數的 GCA（general combining ability），SCA（specific combining ability），GCA x E（environment），SCA x E 均達極顯著，其基因效應極易受環境影響。玉米的葉數隨基因型的不同而異，且受溫度及光週期修飾而改變，在較長日照及較高溫下具有較多的葉數（Hesketh *et al.*,1969；Warrington and Kanemasu, 1983c）。Russell and Stuber（1984）的研究發現，玉米達雄穗分化始期所需日數之 GCA 變方佔0.89，總葉片數的 GCA 變方佔0.98，顯示此等性狀之 SCA 的重要性很小。Russell and Stuber（1983）指出玉米由種植至雄穗分化所需的日數與總葉片數兩者的遺傳行爲，並沒有正反交效應。葉數明顯的受累加性作用所影響（Wu，1987），但 Rood and Major（1981）指出玉米葉數在基因型間有差異存在，葉數主要受非累加性之遺傳變方控制，其中增加葉數的現象爲不完全顯性因子所控制，且無正反效效應。Russell and Stuber（1985）由全互交分析顯示玉米植株總葉數的 GCA、GCA x E、SCA x E 均達極顯著，而 GCA 均方及 GCA x 環境均方遠超過 SCA 均方，顯示總葉片數的 GCA 較 SCA 重要；在總葉片數、雄穗分化始期日數之 GCA x 環境交感的效應中，日長效應爲影響的主因。

Warrington and Kanemasu（1983b）的研究結果顯示，在自然環境下，生長季節溫度的改變，特別是開花前之低溫，對葉片分化速率及葉片出現速率都具有顯著的影響，而品種間沒有顯著差異存在。通常植株葉面積在長日及高溫下較大，短日處理則效果相反（Hunter，1980）。

雜種優勢之表現常因種源間的遺傳歧異性而異（Hallauer and Sears,1972）。Moreno-Gonzalez and Dudley（1981）及 Melchinger *et al.*（1986）的研究均指出以馬齒種與硬粒種之雜交種表現較優。Moreno-Gonzalez（1988）曾在歐洲硬粒種及美國馬齒種間之雜交組合中，得到累加性作用均大於顯性作用，並且特定組合力在異型組合中大都爲正值，在同粒型組合中大多爲負值，認爲在歐洲地區，馬齒種 x 硬粒種爲具有價值之一種雜種優勢模式。

本試驗目的即在探討台灣不同期作條件下，三種粒型組合間（馬齒種 x 馬齒種、馬齒種 x 硬粒種、硬粒種 x 硬粒種）生長分化性狀的遺傳型式是否有異，及其雜種優勢的表現程度是否因粒型及其期作而不同，以便作爲玉米品種選育雜種模式採用之參考。

材料與方法

本試驗所使用材料爲6個自交系進行全互交組合，共得三十個 F_1（馬齒種 x 馬齒種6組合，硬粒種 x 馬齒種18組合，硬粒種 x 硬粒種6組合）及六個自交系，於1989年秋裡作（10月7日播種）及1990年春作（2月16日播種）於農業試驗所試驗農場進行試驗（謝與曾，1993）。田間試驗採逢機完全區集設計，四重複，小區行長4公尺，行株距80 x 10cm，3行區，兩粒播，發芽後一週行間拔，每穴留一株，至七葉齡時開始進行取樣，取樣結束後行株距成爲80 x 20cm。

基肥以台肥39號複合肥料（N：P_2O_5：K_2O＝12：18：12）每公頃施400公斤，於播種前施於播種溝內，澆水後進行播種，再以 Atrazine 殺草劑進行萌前處理。追肥以硫酸銨（21% N），於玉米長至齊膝期時施用，每公頃施375公斤，然後進行培土，其他管理方法如一般玉米栽培管理方法行之

。

調查性狀包括出土至雄穗分化日數（days from seedling emergence to tassel initiation）、雄穗分化始期葉片出現數目（leaf number at tassel initiation）、營養生長期葉片出現速率（leaf appearance rate in the vegetative）、雄穗與雌穗分化間隔日數（days from tassel initiation to ear initiation）、生殖生長期葉片出現速率（leaf appearance rate in the reproductive stage）、葉片分化速率（leaf-initiation rate）、總葉數（total leaf number）、單株葉面積（leaf area per plant）、青割乾種（dry weight at dough stage），其調查方法詳述於前篇報告中（謝與曾，1993）。

試驗所獲之數據先進行變方分析及平均值差異顯著性比較，再以 Griffing（1956）方法一，（模式 I），進行組合力分析與雜種優勢之估算。

試驗進行期間（1989年10月至1990年5月）之月平均氣溫的變化，秋裡作由25.6°C漸漸下降至16°C，春作則呈現由低溫漸漸昇高的趨勢。在月總日照時數的變化方面，秋裡作的總日照時數比春作高。日長的變化情形，秋裡作日照長度由11小時45分鐘降至12月的10小時45分鐘，再降至2月的11小時20分鐘；春作日照長度則由11小時20分鐘漸漸增加至13小時45分鐘。綜合而言，春作氣溫由低溫漸昇高，日長漸增加，但總日照時數則較少；秋裡作氣溫由高溫漸漸下降，日長呈漸漸減少現象，但總日照時數則較春作多（謝與曾，1993）。

結果與討論

玉米在台灣有春作及秋作兩個主要的生長季節，但由於春作由低溫及短日照逐漸轉爲高溫、多濕及較長日照之環境，而秋作則由高溫、長日照、多濕逐漸轉爲低溫、低濕度及較短日照，致兩個期作之產量有顯著差異。環境因子中，溫度及光週期爲影響玉米植株生長及分化的兩項重要因子，春作玉米營養生長期正值低溫，短日照，秋作玉米營養期則逢高溫與長日照，在此種截然不同的環境下，爲探討不同粒型組合之玉米的生長分化是否有差異，乃依子粒型將親本自交系分爲馬齒種及硬粒種兩組，而30個 F_1 依組合區分爲(1)馬齒種同粒型，(2)硬粒種同粒型，(3)馬齒種 x 硬粒種異粒型等三組進行比較。根據試驗結果顯示，品系間、粒型組合間、期作間及粒型組合 x 期作間之交感作用，在大部份性狀均呈極顯著差異。在春作環境下，粒型組合間除雄穗分化始期葉片出現數目外，其他性狀均呈現極顯著差異，在秋裡作所調查的性狀除雄穗分化始期葉片出現數目、營養生長期葉片出現速率及生殖生長期葉片出現速率外，其他性狀均呈現極顯著差異（謝與曾，1993）。由上述結果顯示不同粒型組合間，在春作及秋裡作環境下，生長分化性狀有明顯異存在，與 Russell and Stuber（1984）、Kang and Gorman（1989）等之結果相類似。

玉米爲異交作物，評估自交系時，較適合以 Griffing 之方法進行組合力分析，Griffing（1956）之組合力分析法，係將親本組合力分爲一般組合力（GCA）及特定組合力（SCA）二種，一般組合力主要受基因之累加性效應所影響，特定組合力則受基因之顯性效應或非等位基因間之相互作用所影響（Sprague and Tatum, 1942）。而 Rojas and Sprague（1952）曾指出 GCA 與SCA 變方的大小，可用於決定基因的作用形式。本試驗顯示不論在春作或秋裡作環境下，大部份性狀均由累加性（GCA）及非累加性（SCA）基因共同控制，而所調查的性狀，除營養生長期葉片出現速率外，其餘性狀均有正反交效應（Table 1）。由 GCA/SCA 比值比較，可看出在春作及秋裡作環境下，雄穗分化始期葉片出現數目、生殖生長期葉片出現速率、總葉片數、單株葉面積及青割乾重等性狀均大於1，表示累加性的變方所佔的比例較非累加性變方來得大；其餘性狀之 GCA/SCA 比值小於1，顯然

這些性狀以非累加性之變方佔較大比例。總葉片數及達雄穗分化始期所需日數等性狀之作用以累加性部份佔較大比例，與 Russell and Stuber (1984，1985) 等之結果類似；而總葉數及出土至雄穗分化日數有正反交效應，與 Russell and Stuber (1983) 之結果不同，可能爲所使用之材料及栽培環境影響到基因的表現所致。

由春作及秋裡作之 GCA/SCA 比值，知大部份生長分化性狀是由 GCA 及 SCA 共同控制，但不同期作間的 GCA/SCA 比值有明顯的差異。由 Table 1可看出，在春作環境下，出土至雄穗分化日數、雄穗分化始期葉片出現數目、營養生長期葉片出現速率、雄穗與雌穗分化間隔日數、葉片分化速率、總葉數等性狀之 GCA/SCA 比值明顯的大於秋裡作。而生殖生長期葉片分化速率、單株葉面積及青割整株乾重等性狀在春作 GCA/SCA 比值則小於秋裡作，顯示不同環境下，控制這些性狀的基因表現效果受到某種程度的抑制或增強。Russell and Stuber (1985) 也曾報告達到雄穗分化始期所需日數及總葉數之 GCA x E 與 SCA x E 之交感作用達極顯著，認爲基因的表現極易受環境所影響。

Table 1. Mean squares of growth and differentiation characters in maize from combining ability analysis of a 6 x 6 diallel cross grown in the spring and fall crop seasons.

Crop seasons	Source	df	Days from S.E. to T.I.	Leaf number at T.I.	LAR in the V.S.	Days from T.I. to E.I.	LAR in the R.S.	L.I. rate	TLN	Leaf area per plant	Dry weight at dough stage
Spring	G. C. A.	5	9.71**	0.99**	0.0001**	1.135**	0.0012**	0.0005**	5.86**	1,255**	741**
	S. C. A.	15	2.82**	0.15**	0.0003**	1.473**	0.0006**	0.0019**	0.58**	864**	554**
	R. E.	15	0.73**	0.04**	0.0001	0.523**	0.0002**	0.0005**	0.39**	46*	66**
	Error	105	0.02	0.01	0.0000	0.035	0.0001	0.0000	0.04	15	15
	G.C.A./S.C.A.		3.43	6.44	0.46	0.77	1.79	0.30	10.06	1.45	1.33
Fall	G. C. A.	5	4.17**	0.55**	0.0002	1.115**	0.0008**	0.0007**	1.34**	1,424**	1,065**
	S. C. A.	15	4.43**	0.12**	0.0029	2.868**	0.0003**	0.0074**	0.30**	707**	637**
	R. E.	15	2.36**	0.09**	0.0021	1.134**	0.0006**	0.0027**	0.48**	62**	62**
	Error	105	0.03	0.01	0.0018	0.053	0.0001	0.0001	0.03	23	23
	G.C.A./S.C.A.		0.94	4.30	0.07	0.38	2.51	0.09	4.38	2.01	1.67

*,**Significant at 5% and 1% levels, respectively.

S.E.：seedling emergence　LAR：leaf appearance rate　L.I.：leaf initiation
T.I.：tassel initiation　E.I.：ear initiation　TLN：total leaf number
V.S.：vegetative stage　R.S.：reproductive stage

分析不同期作下不同粒型親本自交系的一般組合力列於表2，在春作環境下，馬齒種除營養生長期葉片出現速率爲正效應外，其餘性狀爲負效應；而硬粒種的表現大致與馬齒種呈相反趨勢。在秋裡作，馬齒種除營養生長期葉片出現速率、雄穗與雌穗分化間隔日數、葉片分化速率爲正效應，其餘性狀均爲負效應；而硬粒種之表現則爲相反現象。期作間一般組合力效應值之比較，大部份性狀都有明顯的差異存在，調查的性狀中，除雄穗分化始期葉片出現數目、雄穗與雌種分化間隔日數等性狀春作有較大的趨勢外，其餘性狀均以秋裡作有較大的一般組合力效應。

Table 2. Estimates of general combining ability effects for growth and differentiation characters of six maize parental inbreds in a diallel-cross analysis grown in the spring and fall crop seasons.

Crop seasons	Kernel form	Parental inbreds	Days from S.E. to T.I. (day)	Leaf number at T.I. (leaves)	LAR in the V.S. (leaves/day)	Days from T.I.to E.I. (day)	LAR in the R.S. (leaves/day)	L.I. rate (leaves/day)	TLN (leaves)	Leaf area per plant (cm^2)	Dry weight at dough stage (g/5-plant)
		A	−0.05	−0.047	−0.0009	−0.42	0.006	−0.001	−0.06	−208	−110
	Dent	B	1.16	0.373	−0.0008	−0.30	0.007	0.004	0.77	−348	− 11
		C	−1.60	−0.413	0.0045	0.22	−0.015	−0.011	−1.27	312	− 59
		x̄	−0.16	−0.029	0.0009	−0.16	−0.000	−0.003	−0.19	−81	− 60
Spring		D	0.24	0.031	−0.0016	0.38	−0.002	−0.000	0.12	213	74
	Flint	E	0.03	−0.193	−0.0057	0.06	−0.006	0.000	0.00	342	97
		F	0.21	0.248	0.0044	0.04	0.010	0.009	0.43	−311	9
		x̄	0.16	0.029	−0.0009	0.16	0.000	0.003	0.19	81	60
	S.E.	(gi-gj)	0.06	0.054	0.0009	0.07	0.003	0.003	0.08	50	16
		A	−0.72	−0.150	0.0026	0.32	−0.005	0.003	−0.51	−349	−132
	Dent	B	0.34	0.241	−0.0035	−0.29	−0.010	−0.005	0.14	−356	− 50
		C	−0.77	−0.120	0.0051	0.43	0.009	0.014	−0.33	75	− 63
		x̄	−0.38	−0.009	0.0014	0.15	−0.001	0.004	−0.23	−210	− 81
Fall		D	0.56	0.037	0.0039	−0.21	0.006	−0.005	0.27	24	66
	Flint	E	0.32	−0.262	−0.0052	−0.15	−0.006	−0.003	0.20	580	91
		F	0.27	0.254	−0.0030	−0.10	0.005	−0.003	0.22	25	87
		x̄	0.38	0.009	−0.0014	−0.15	0.001	−0.004	0.23	210	81
	S.E.	(gi-gj)	0.07	0.055	0.0170	0.09	0.003	0.003	0.07	62	19

S.E. : seedling emergence
T.I. : tassel initiation
V.S. : vegetative stage
LAR : leaf appearance rate
E.I. : ear initiation
R.S. : reproductive stage
L.I. : leaf initiation
TLN : total leaf number

Moreno-Gonzalea (1988) 曾在歐洲硬粒種及美國馬齒種之雜交組合中，得知基因的累加性作用大於顯性作用，並指出在異粒型組合中之特定組合力大多爲正值，在同粒型組合中大多爲負值。而本研究在春、秋作之試驗結果發現所調查生長分化性狀亦有類似情形，異粒型組合大部份呈現正的特定組合力效應；同粒型則大多爲負的效應(Table 3)。秋裡作環境下，不論是馬齒種同粒型或硬粒種同粒型組合，大部份的性狀均呈現負的特定組合力效應；而異粒型組合中，除出土至雄穗分化日數、生殖生長期葉片出現速率及總葉數爲負值外，其餘六性狀爲正值(Table 4)。比較期作間不同粒型組合之特定組合力效應，發現大部份性狀在春作及秋裡作之反應趨勢相類似，但雄穗分化始期葉片出現數目、生殖生長期葉片出現速率、總葉片數等性狀，即使爲同種粒型組合，也因期作環境的不同而反應趨勢有明顯的差異(Tables 3，4)，顯示不同粒型組合間的特定組合力效應也易受環境影響。

Table 3. Estimates of specific combining ability effects for growth and differentiation characters of maize in a 6 x 6 diallel-cross analysis grown in the spring crop season.

Combination	Genotype	Days from S.E. to T.I. (day)	Leaf number at T.I. (leaves)	LAR in the V.S. (leaves/day)	Days from T.I. to E.I. (day)	LAR in the R.S. (leaves/day)	L.I. rate (leaves/day)	TLN (leaves)	Leaf area per plant (cm^2)	Dry weight at dough stage (g/5-plant)
	A x A	1.42	0.005	−0.014	−1.08	−0.013	−0.030	−0.20	−1,204	−289
	A x B	0.73	−0.015	−0.008	−0.95	−0.011	−0.024	−0.34	−526	−175
Dent	A x C	0.10	0.097	0.001	1.01	0.012	−0.004	−0.09	79	55
x	B x B	1.99	−0.436	−0.031	0.47	−0.025	−0.063	−1.14	−1,347	−268
Dent	B x C	0.11	0.251	0.006	0.29	0.018	0.025	0.88	375	72
	C x C	1.63	−0.061	−0.020	−1.08	−0.038	−0.047	−0.53	−1,031	−319
	$\bar{x}$	1.00	−0.026	−0.011	−0.22	−0.009	−0.024	−0.22	−609	−154
	D x D	0.96	−0.502	−0.024	−0.26	−0.022	−0.050	−1.14	−1,000	−266
	D x E	1.14	0.222	−0.005	−0.34	0.016	−0.011	0.32	−211	6
Flint	D x F	0.83	0.305	0.000	−1.43	−0.008	−0.015	−0.00	−38	−56
x	E x E	2.24	−0.427	−0.035	0.25	−0.016	−0.067	−0.95	−1,022	−331
Flint	E x F	−1.03	−0.244	0.003	1.08	0.008	0.032	0.46	101	−0
	F x F	1.88	0.538	−0.002	0.42	−0.037	−0.043	−0.35	−1,406	−247
	$\bar{x}$	1.00	−0.018	−0.010	−0.04	−0.009	−0.025	−0.27	−596	−149
	A x D	−0.91	−0.073	0.007	0.26	0.000	0.022	0.20	478	128
	A x E	−1.03	−0.023	0.009	0.58	0.007	0.023	0.16	553	118
	A x F	−0.31	0.009	0.004	0.17	0.004	0.014	0.26	640	163
	B x D	−2.03	−0.044	0.020	1.36	−0.006	0.034	−0.01	485	88
Dent	B x E	−0.15	0.355	0.011	−1.32	0.003	0.005	0.17	406	144
x	B x F	−0.65	−0.111	0.001	0.05	0.021	0.021	0.34	607	138
Flint	C x D	0.01	0.093	0.002	0.41	0.020	0.019	0.63	287	113
	C x E	−1.15	0.118	0.016	−0.34	−0.025	0.016	−0.17	192	75
	C x F	−0.71	−0.498	−0.006	−0.30	0.012	−0.009	−0.72	96	2
	$\bar{x}$	−0.77	−0.019	0.007	0.10	0.004	0.016	0.09	416	108
S.E. (Sii-Sjj)		0.17	0.154	0.005	0.21	0.008	0.007	0.24	143	45
S.E. (Sii-Sij)		0.17	0.154	0.005	0.21	0.008	0.007	0.24	143	45
S.E. (Sii-Sjk)		0.15	0.133	0.004	0.18	0.007	0.007	0.20	124	39
S.E. (Sij-Sik)		0.13	0.122	0.004	0.17	0.007	0.006	0.19	113	36
S.E. (Sij-Skl)		0.12	0.109	0.003	0.15	0.006	0.005	0.17	101	32

S.E. : seedling emergence LAR : leaf appearance rate L.I. : leaf initiation
T.I. : tassel initiation E.I. : ear initiation TLN : total leaf number
V.S. : vegetative stage R.S. : reproductive stage

Table 4. Estimates of specific combining ability effects for growth and differentiation characters of maize in a 6 x 6 diallel-cross analysis grown in the fall crop season.

Combination	Genotype	Days from S.E. to T.I. (day)	Leaf number at T.I. (leaves)	LAR in the V.S. (leaves/day)	Days from T.I.to E.I. (day)	LAR in the R.S. (leaves/day)	L.I. rate (leaves/day)	TLN (leaves)	Leaf area per plant (cm^2)	Dry weight at dough stage (g/5-plant)
	A x A	2.54	0.054	−0.046	−2.32	−0.015	−0.131	−0.88	−745	−195
	A x B	0.42	−0.062	−0.005	−0.15	−0.011	−0.015	0.00	−688	−145
Dent	A x C	−0.77	0.000	0.028	0.96	0.007	0.053	0.45	45	−37
x	B x B	2.21	−0.029	−0.041	−0.89	0.000	−0.058	0.40	−636	−130
Dent	B x C	−1.32	−0.166	0.029	0.62	0.010	0.051	0.10	20	−31
	C x C	3.74	0.145	−0.067	−2.85	−0.007	−0.160	−0.64	−804	−173
	x̄	1.13	−0.009	−0.172	−0.77	−0.002	−0.043	−0.09	−468	−118
	D x D	2.76	0.329	−0.075	−2.74	−0.035	−0.078	0.17	−1,772	−437
	D x E	0.48	−0.070	0.075	0.02	−0.011	−0.027	−0.19	167	10
Flint	D x F	−0.89	0.112	0.012	1.06	−0.003	0.041	0.23	66	41
x	E x E	3.25	−0.120	−0.097	−2.75	−0.003	−0.112	−0.27	−1,009	−354
Flint	E x F	−0.69	0.162	0.002	0.71	0.002	0.036	0.46	393	119
	F x F	1.35	−0.904	−0.059	−1.31	−0.017	−0.080	−0.90	−328	−480
	x̄	1.04	−0.081	−0.023	−0.83	0.001	−0.037	−0.05	−544	−183
	A x D	−1.07	−0.283	−0.006	0.84	0.006	0.046	0.27	436	173
	A x E	−1.10	0.091	0.014	0.48	0.011	0.047	0.14	389	16
	A x F	−0.02	0.200	0.016	0.20	0.001	0.000	0.00	562	188
	B x D	0.01	0.150	−0.008	0.13	−0.015	−0.019	−0.40	641	89
Dent	B x E	−1.49	−0.255	0.006	0.77	0.013	0.058	0.14	442	116
x	B x F	0.15	0.333	0.019	−0.48	0.002	−0.015	−0.25	220	101
Flint	C x D	−1.29	−0.237	0.001	0.67	−0.011	0.037	−0.08	461	121
	C x E	−0.45	0.162	−0.001	0.76	−0.012	−0.001	−0.28	403	91
	C x F	0.10	0.095	0.008	−0.18	0.013	0.018	0.45	−126	28
	x̄	−0.58	0.021	0.005	0.35	−0.001	0.019	−0.00	381	103
S.E. (Sii-Sjj)		0.20	0.157	0.048	0.26	0.010	0.010	0.20	176	56
S.E. (Sii-Sij)		0.20	0.157	0.048	0.26	0.010	0.010	0.20	176	56
S.E. (Sii-Sjk)		0.18	0.136	0.042	0.23	0.008	0.009	0.18	152	48
S.E. (Sij-Sik)		0.16	0.124	0.038	0.21	0.008	0.008	0.16	139	44
S.E. (Sij-Skl)		0.14	0.111	0.034	0.18	0.007	0.007	0.14	124	39

S.E. : seedling emergence　LAR : leaf appearance rate　L.I. : leaf initiation
T.I. : tassel initiation　E.I. : ear initiation　TLN : total leaf number
V.S. : vegetative stage　R.S. : reproductive stage

由組合力分析結果可看出大部份生長分化性狀具有正反交效應（Table 1），經進一步比較其效應值的大小，依粒型組合及期作環境的不同，反應趨勢有差異存在，而正反交效應變方僅佔遺傳變方中之極小比例，此一結果與 Baynes and Brawn（1973）及 Pollmer *et al.*（1979）均認爲玉米的正反交效應變方佔總遺傳變方僅極小比例，且易受栽培環境所影響之結論相同，因此此種效應被認爲並不重要或不具利用價值（Pollmer *et al.*, 1979），在育種過程中可被忽略，對玉米改良影響不大。

Table 5. Estimates of reciprocal effects for growth and differentiation characters of maize in a 6 x 6 diallel-cross analysis grown in the spring crop season.

Combination	Hybrids	Days from S.E. to T.I. (day)	Leaf number at T.I. (leaves)	LAR in the V.S. (leaves/day)	Days from T.I.to E.I. (day)	LAR in the R.S. (leaves/day)	L.I. rate (leaves/day)	TLN (leaves)	Leaf area per plant (cm^2)	Dry weight at dough stage (g/5-plant)
Dent	A x B	−0.62	0.100	0.009	0.20	−0.005	0.013	0.10	−96	−128
x	A x C	−0.27	−0.025	0.002	0.45	0.000	0.008	0.10	276	36
Dent	B x C	−0.55	−0.200	−0.000	0.40	0.014	0.018	0.27	−122	3
	x̄	−0.48	−0.041	0.003	0.35	0.003	0.013	0.01	19	−29
Flint	D x E	0.10	−0.400	−0.012	0.92	−0.001	−0.014	−0.45	267	−50
x	D x F	−0.02	0.175	0.005	0.02	−0.016	−0.008	−0.30	149	6
Flint	E x F	0.10	−0.050	−0.002	−0.12	−0.006	−0.009	−0.25	−49	−99
	x̄	0.05	−0.091	−0.003	0.27	−0.008	−0.011	−0.33	122	−47
	A x D	−0.05	−0.100	−0.002	0.10	0.000	−0.008	−0.30	−124	−58
	A x E	0.17	0.025	−0.001	−0.05	−0.001	−0.006	−0.10	9	−69
	A x F	−0.77	−0.200	0.002	0.62	0.011	0.021	0.22	20	26
	B x D	−0.05	0.100	0.003	−1.12	0.013	0.014	0.42	78	2
Dent	B x E	−1.22	0.125	0.016	0.90	−0.014	0.020	−0.05	146	−9
x	B x F	−1.40	−0.050	0.010	0.22	−0.012	0.021	−0.15	11	2
Flint	C x D	−0.57	−0.100	0.003	0.15	−0.021	−0.034	−1.42	27	26
	C x E	0.50	0.000	−0.006	−0.27	0.012	−0.004	0.15	214	−38
	C x F	−0.12	0.025	0.002	0.15	−0.010	−0.006	−0.27	246	−90
	x̄	−0.39	−0.019	0.003	0.07	−0.002	0.001	−0.16	69	−22
S.E. (Rjj)		0.10	0.094	0.003	0.13	0.005	0.004	0.14	88	27
S.E. (Rij-Rkl)		0.15	0.109	0.004	0.18	0.007	0.007	0.20	124	35

S.E.: seedling emergence; T.I.: tassel initiation; V.S.: vegetative stage
LAR: leaf appearance rate; E.I.: ear initiation; R.S.: reproductive stage
L.I.: leaf initiation; TLN: total leaf number

Table 6. Estimates of reciprocal effects for growth and differentiation characters of maize in a 6 x 6 diallel-cross analysis grown in the fall crop season.

Combination	Hybrids	Days from S.E. to T.I. (day)	Leaf number at T.I. (leaves)	LAR in the V.S. (leaves/day)	Days from T.I.to E.I. (day)	LAR in the R.S. (leaves/day)	L.I. rate (leaves/day)	TLN (leaves)	Leaf area per plant (cm²)	Dry weight at dough stage (g/5-plant)
Dent	A x B	1.40	0.17	−0.022	−1.35	−0.012	−0.065	−0.35	−326	−18
x	A x C	−1.07	−0.07	0.026	0.65	0.000	0.053	0.12	−251	−129
Dent	B x C	0.15	0.15	0.003	0.15	0.003	0.029	0.72	−176	8
	x̄	0.15	0.08	0.002	−0.18	−0.003	0.005	0.16	−251	−46
Flint	D x E	1.47	0.30	0.108	−1.02	0.004	−0.046	0.05	−83	7
x	D x F	−1.05	−0.20	0.015	0.52	−0.009	0.032	−0.15	223	12
Flint	E x F	0.00	0.05	−0.003	−0.22	−0.001	−0.004	0.10	−20	−109
	x̄	0.14	0.05	0.040	−0.24	−0.065	−0.006	0.00	39	−29
	A x D	−0.12	−0.25	−0.008	0.12	−0.021	−0.028	−0.70	−160	−46
	A x E	−0.40	−0.02	0.009	0.67	0.005	0.041	0.50	−183	−14
	A x F	−0.92	−0.30	0.008	0.50	−0.029	0.010	−0.52	−201	6
	B x D	−2.02	−0.17	0.036	0.90	−0.006	0.067	−0.02	42	−0
Dent	B x E	0.32	−0.05	−0.009	0.25	0.007	−0.001	0.25	−81	−50
x	B x F	−2.22	−0.47	0.029	1.65	−0.048	0.020	−1.27	192	41
Flint	C x D	−0.45	−0.07	0.014	0.37	−0.015	−0.004	−0.47	−190	21
	C x E	−0.20	−0.17	−0.001	0.42	0.021	0.010	0.05	−21	76
	C x F	−0.95	−0.32	0.007	0.47	−0.008	0.036	−0.05	−178	−68
	x̄	−0.77	−0.20	0.009	0.59	−0.009	0.053	−0.25	−86	−38
S.E. (Rjj)		0.12	0.09	0.029	0.16	0.006	0.006	0.12	107	34
S.E. (Rij-Rkl)		0.18	0.13	0.042	0.23	0.008	0.009	0.18	152	48

S.E. : seedling emergence　LAR : leaf appearance rate　L.I. : leaf initiation
T.I. : tassel initiation　E.I. : ear initiation　TLN : total leaf number
V.S. : vegetative stage　R.S. : reproductive stage

種源間之遺傳歧異性被認爲是造成雜種優勢表現之主要原因（Hallauer and Sears, 1972），由遺傳距離之研究，發現遺傳歧異性不僅存在於不同種源間或不同地區來源之雜種間，亦可能存在於同粒型或同地區來源之種源內（Moll *et al.*, 1962；Paterniani and Lonnquist, 1963）。而 Moreno-Gonzalez and Dudley（1981），Melchinger *et al.*（1986）及 Moreno-Gonzalez（1988）均認爲馬齒種 x 硬粒種之雜交組合模式表現較佳。本試驗結果發現所調查的生長分化性狀，在春作環境下，除葉片分化速率、總葉片數外，其餘性狀均以馬齒種同粒型較硬粒種同粒型之雜種優勢值大；在異粒型組合方面，營養生長期葉片出現速率、單株葉面積、葉片分化速率及青割乾重等性狀較同粒型

組合有較高的雜種優勢值，其他性狀則介於馬齒種同粒型與硬粒種同粒型組合之間（Table 7）。秋裡作環境下，大部份性狀以硬粒種同粒型較馬齒同粒型之雜種優勢值大；於異粒型與同粒型組合比較，發現除單株葉面積外，其餘性狀之雜種百分比介於馬齒種同粒型及硬粒種同粒型組合間（Table 8）。就青割乾重之雜種優勢表現而言，馬齒種同粒型春作為57.5，秋裡作則降為16.3；異粒型組合春作為43.3，秋裡作為66.5；硬粒種同粒型春作為35.1，秋裡作則為73.6。由上可知春作為異粒型大於兩種同粒型，秋裡作則為硬粒種同粒型>異粒型>馬齒種同粒型。而同粒型組合，在不同栽培期作下，其雜種優勢表現有差異，可能係期作間溫度的變化而影響玉米植株性狀雜種優勢表現之結果（Rood *et al.*, 1985）。

Table 7. Heterosis percentage for growth and differentiation characters of maize grown in the spring crop season.

Combination	Hybrids	Days from S.E. to T.I. (day)	Leaf number at T.I. (leaves)	LAR in the V.S. (leaves/day)	Days from T.I.to E.I. (day)	LAR in the R.S. (leaves/day)	L.I. rate (leaves/day)	TLN (leaves)	Leaf area per plant (cm^2)	Dry weight at dough stage (g/5-plant)
Dent	A x B	−2.7	1.7	4.5	−19.4	3.1	4.2	1.4	19.4	20.5
x	A x C	−4.3	1.1	5.7	67.7	16.7	6.4	1.5	25.6	83.9
Dent	B x C	−4.9	4.4	9.6	15.0	22.6	15.4	9.4	35.0	68.0
	$\bar{x}$	−4.0	2.4	6.6	21.1	14.1	8.7	4.1	26.7	57.5
Flint	D x E	−1.3	6.3	7.7	−7.0	13.8	9.1	7.5	15.2	37.8
x	D x F	−1.7	2.4	4.2	−30.9	8.6	5.8	3.9	26.5	27.4
Flint	E x F	−8.8	−2.6	6.8	15.5	13.2	16.3	5.9	29.2	40.1
	$\bar{x}$	−3.9	2.0	6.3	−7.4	11.9	10.4	5.8	23.6	35.1
	A x D	−6.2	1.5	8.2	25.6	7.4	11.6	4.7	34.4	69.2
	A x E	−8.3	1.7	10.8	27.7	7.7	13.5	4.0	34.9	74.2
	A x F	−5.7	−2.2	3.8	13.6	11.8	9.2	2.8	50.3	81.1
	B x D	−9.8	3.7	15.1	27.6	7.1	17.2	5.7	37.8	50.9
Dent	B x E	−6.3	7.0	14.5	−35.5	8.8	13.5	6.2	35.3	64.4
x	B x F	−7.2	−1.3	5.4	−8.7	21.1	13.6	5.3	54.3	61.6
Flint	C x D	−3.9	3.4	7.6	25.2	23.5	13.1	8.6	25.0	65.1
	C x E	−9.3	3.4	13.8	1.7	−0.4	14.2	3.3	22.9	65.1
	C x F	−7.4	−6.4	1.3	0.5	22.6	6.7	−1.5	29.4	50.1
	$\bar{x}$	−7.1	1.2	8.9	8.6	12.2	12.5	4.3	36.0	64.6
S.E.		2.7	3.5	4.1	26.5	7.5	4.1	2.9	10.5	18.9

S.E.: seedling emergence LAR: leaf appearance rate L.I.: leaf initiation
T.I.: tassel initiation E.I.: ear initiation TLN: total leaf number
V.S.: vegetative stage R.S.: reproductive stage

Table 8. Heterosis percentage for growth and differentiation characters of maize grown in the fall crop season.

Combination	Hybrids	Days from S.E. to T.I. (day)	Leaf number at T.I. (leaves)	LAR in the V.S. (leaves/day)	Days from T.I.to E.I. (day)	LAR in the R.S. (leaves/day)	L.I. rate (leaves/day)	TLN (leaves)	Leaf area per plant (cm²)	Dry weight at dough stage (g/5-plant)
Dent	A x B	−8.0	−0.6	8.4	30.5	−1.8	11.1	1.4	0.0	2.9
x	A x C	−16.5	−0.9	19.0	78.8	9.3	29.3	7.6	20.9	27.4
Dent	B x C	−17.4	−2.0	18.6	54.3	6.7	22.7	1.2	18.1	18.5
	x̄	−14.0	−1.2	15.3	54.5	4.7	21.0	3.4	13.0	16.3
Flint	D x E	−9.7	−1.6	39.5	86.7	−11.6	9.6	−0.8	36.1	59.9
x	D x F	−11.8	3.6	18.3	77.9	−5.2	16.9	3.3	27.2	81.8
Flint	E x F	−12.0	6.5	19.4	68.3	6.5	18.9	5.9	5.4	79.1
	x̄	−11.1	2.8	25.7	·77.6	−3.4	15.1	2.8	22.9	73.6
	A x D	−15.1	−4.3	12.3	86.5	−1.3	21.6	3.6	48.3	91.8
	A x E	−16.2	1.2	20.2	76.5	11.1	24.7	4.3	28.5	48.4
	A x F	−8.3	5.9	15.5	42.8	8.7	15.1	5.4	25.9	98.5
	B x D	−9.7	0.0	11.3	48.7	−14.1	6.7	−3.8	51.9	57.6
Dent	B x E	−16.5	−1.4	18.1	64.2	7.6	20.2	0.4	28.1	50.1
x	B x F	−6.6	7.3	15.7	12.9	5.4	7.4	0.0	16.4	62.7
Flint	C x D	−18.0	−4.3	16.7	92.6	−10.4	22.5	0.8	44.8	69.4
	C x E	−15.7	1.4	19.4	94.0	−3.3	19.8	1.0	27.0	52.2
	C x F	−10.1	4.4	16.3	41.5	11.9	19.9	7.2	9.5	57.9
	x̄	−12.9	1.1	16.2	62.2	1.7	17.6	2.1	31.1	65.4
S.E.		3.8	3.7	6.8	24.4	8.6	6.6	3.2	15.1	26.2

S.E. : seedling emergence　LAR : leaf appearance rate　L.I. : leaf initiation
T.I. : tassel initiation　E.I. : ear initiation　TLN : total leaf number
V.S. : vegetative stage　R.S. : reproductive stage

參考文獻

1. 王強生、王碧玉、劉大江。1988。玉米對溫度與光週期之生長反應。中華農業研究 37 : 379—388。
2. 台灣省政府農林廳。1981。台灣農業年報。台灣省 南投縣。
3. 洪梅株、涂 勳、曾富生。1984。玉米產量形成過程在春秋期作之變異。中華農學會報 新125 : 61—71。
4. 謝光照、曾富生。1993。玉米生長分化性狀在不同粒型雜種後裔與期作之變異。中華農業研究 42 : 121—132。
5. Baynes, R. A. and R. I. Brawn. 1973. Influence of cytoplasmic effects on some agronomic characters in corn. Can. J. Plant Sci. 53 : 101—104.
6. Duncan, W. G., D. L. Shaver, and W. A. Williams. 1973. Insolation and temperature effects on maize growth and yield. Crop Sci. 13 : 187—191.
7. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to dialled crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9 : 463—493.
8 Hallauer, A. R. and J. H. Sears. 1972. Integrating exotic germplasm into Corn Belt maize breeding programs. Crop Sci. 12 : 203—206.
9. Hesketh, J. D., S. S. Chase, and D. K. Nanda. 1969. Environmental and genetic modification of leaf number in maize, sorghum, and Hungarina millet. Crop Sci. 9 : 460—463.
10. Hunter, R. B. 1980. Increased leaf area and yield of maize in short-season areas, Crop Sci. 20 : 571—574.

11. Hunter, R. B., L. A. Hunt, and L. W. Kannenberg. 1974. Photoperiod and temperature effects on corn. Can. J. Plant Sci. 54 : 71—78.

12. Hunter, R. B., M. Tollenaar, and C. M. Breuer. 1977. Effects of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive growth of a maize (*Zea mays* L.) hybrid. Can. J. Plant Sci. 57 : 1127—1134.

13. Kang, M. S. and D. P. Gorman. 1989. Genotype x environment interaction in maize. Agron. J. 81 : 662—664.

14. Melchinger, A. E., H. H. Geiger, and F. W. Schnell. 1986. Epistatis in maize (*Zea mays*L.) II. Genetic effects in crosses among early flint and dent inbred lines determined by three methods. Theor. Appl. Genet. 72 : 231—239.

15. Moll, R. H., W. S. Salhuana, and H. F. Robinson. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. Crop Sci. 2 : 197—198.

16. Moreno-Gonzalez, J. 1988. Diallel crossing system in sets of flint and dent inbred lines of maize (*Zea mays* L.). Maydica 33 : 37—49.

17. Moreno-Gonzalez, J. and J. W. Dudley. 1981. Epistasis in related and unrelated maize hybrides. Crop Sci. 21 : 644—651.

18. Paterniani, E. and J. H. Lonnquist. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn (*Zea mays* L.) Crop Sci. 8 : 504—507.

19. Pearce, R. B., J. J. Mock, and T. B. Bailey. 1975. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci. 15 : 691—694.

20. Pollmer, W. G., D. Klein. and B. S. Dhillon. 1979. Difference in reciprocal crosses of maize inbred lines diverse for protein content. Euphytica 28 : 325—328.

21. Rojas, B. A. and G. F. Sprague. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials : III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. Agron. J. 44 : 462—466.

22 Rood, S. B. and D. J. Major. 1981. Diallel analysis of leaf number, leaf development rate and plant height of early maturity maize. Crop Sci. 21 : 867—873.

23. Rood, S. B., D. J. Major, M. D. Jones, and R. P. Pharis. 1985. Low temperature eliminates heterosis for growth and gibberellin content in maize. Crop Sci. 25 : 1063—1068.

24. Russell, W. K. and C. W. Stuber. 1983. Effects of photoperiod and temperature on duration of vegetative growth in maize. Crop Sci. 23 : 847—850.

25. Russell, W. K. and C. W. Stuber. 1984. Prediction of tassel initiation in corn. Crop Sci. 24 : 507—510.

26. Russell, W. K. and C. W. Stuber. 1985. Genotype x photoperiod and genotype x temperature interactions for maturity in maize. Crop Sci. 25 : 152—158.

27. Sprague, G. E. and L. A. Tatum. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34 : 923—932.

28. Warrington, I. J. and E. T. Kanemasu. 1983a. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation and anthesis. Agron. J. 75 : 749—754.

29 Warrington, I. J. and E. T. Kanemasu. 1983b. Corn growth response to temperature and photoperiod. II. leaf initiation and leaf appearance rate. Agron. J. 75 : 755—761.

30. Warrington, I. J. and E. T. Kanemasu. 1983c. Corn growth response to temperature and photoperiod. III. leaf number. Agron J. 75 : 762—766.

31. Wu, G. H. 1987. Analysis of gene for three quantitative characters at different development stages in maize. Acta Gentica Sinica 14 : 363—369.

Effects of Crop Seasons on the Combining Ability Expression of Growth and Differentiation Trait between Dent and Flint Combination Type of Maize[1].

G. J. Shieh[2] and F. S. Thseng[3]

Summary

A diallel study including three inbred lines each of dent and flint maize as parents were grown in the spring and fall crop seasons. Level of heterosis, estimate of genetic effects, and genetic variance for some growth and differentiation traits were investigated and compared among genotypes with flint, dent, and flint x dent kernel types. Results from dialled analysis indicated that mean squares of GCA and SCA were significant for most traits investigated. Reciprocal effect also existed for all traits except leaf appearance rate in the vegetative stage. The ratio of GCA/SCA variances (〉 1) suggested that additive variance was prediminant to non-additive variance in both crop seasons. However, the ratio of GCA/SCA variance was variable when comparison was made between spring and fall crops. For GCA effects while flint inbreds showed positive effects for most traits. On the other hand, GCA effects for leaf number at tassel initiation and days from tassel initiation to tassel emergence were larger in the spring crop whereas those for other traits were larger in the fall crop season. SCA effects were predominantly positive in flint x dent crosses and negative in dent x dent and flint x flint crosses for most traits under the spring crop condition. On the contrary, SCA effects of most traits were negative for all three combination types in the fall crop season. Furthermore, dent x dent hybrids were larger than flint x flint hybrids in heterosis for most traits in the spring crop. Dent x flint hybrids were larger than dent x dent and flint x flint hybrids in heterosis for LAR in the vegetative stage, leaf initiation rate, leaf area per plant, and whole-plant dry weightat at dough stage in the spring crop. The expression of other traits of dent x flint crosses was intermediate between flint x flint and dent x dent crosses. In the fall crop season, flint x flint hybrids were larger than dent x dent hybrids in heterosis for most traits, and heterosis of dent x flint crosses was intermediate between flint x flint and dent x dent crosses. In other words, heterosis of the same combination type was variable in different crop seasons.

Key words : Corn (*Zea mays* L.) Crop season, Dent, Flint, General combining ability, Specific combining ability, Reciprocal effect, Heterosis.

---

1. Contribution No. 1664 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 413, ROC.
3. Professor Department of Agronomy, National Chung-Hsing Univessity, Taichung. Taiwan, ROC.